

発芽直後の植物の生長と光の関係の研究

静岡県立富士宮東高等学校

生物授業選択集団 3年栗原来斗 3年佐野颯雅 3年嶋原冬磨

1 研究の動機

生物の授業「植物の環境応答」で、暗所下で発芽した植物の芽生えは、「子葉は黄色のまま、胚軸は徒長成長（細く長く伸びる）する」ことを学んだ。このときに、暗黒下と明所下でカイワレダイコンの成長を示す動画を見せてもらい、面白いと思った。

そのとき、暗黒から明所へと、段階的に光量を変化させた場合、発芽した芽生えの成長量はどのように変化するかを知りたいと思った。

また、授業では、地中にある発芽種子は、「その子葉をなるべく早く、地表に出し、光合成ができるようにするため」の反応であることも学んだ。そこで、深い地中で発芽した芽生えがどのように障害物を避けて地表に現われるのかについても観察したいと思った。



写真 暗黒下の成長 写真 実験装置（左：実験2、右：実験1）

2 研究の方法

実験1「光量と徒長成長量の観察実験」の場合

・透明プラスチックコップに、バーミュキライトを3cm程度入れる。その上にティッシュペーパーを置く。さらに、30mL程度の水を入れる。その上にスプラウトの種子5粒を置く。・段ボール箱に区切りを作り、4つのカップに上から光が当たるようにする。・4つのカップに異なる照度が当たるようにカップ上面に半紙を一定枚数載せて、サランラップで覆う。・種子の成長はカメラの間欠撮影機能を利用して10分間隔で記録する。1日毎の芽生えの成長量をモニター画面上で計測する。・計測した長さをもとに、各照度条件下の成長の傾向を分析する。実験は完全暗黒下も含めて5回おこなった。

実験の過程

記録期間

実験1－1あ	照度	2068 lux	386 ux	219 lux	125 ux	2019	10/8～10/24
実験1－2い	照度	1930 lux	93 lux	47 lux	9 lux	2019	10/24～10/31
実験1－3う	照度	1700 lux	82 lux	40 lux	8 lux	2019	10/31～11/8
実験1－4え	照度	2100 lux	101 lux	50 lux	10 lux	2019	12/4～12/17
実験1－5	照度	0 lux				2019	10/18～11/5

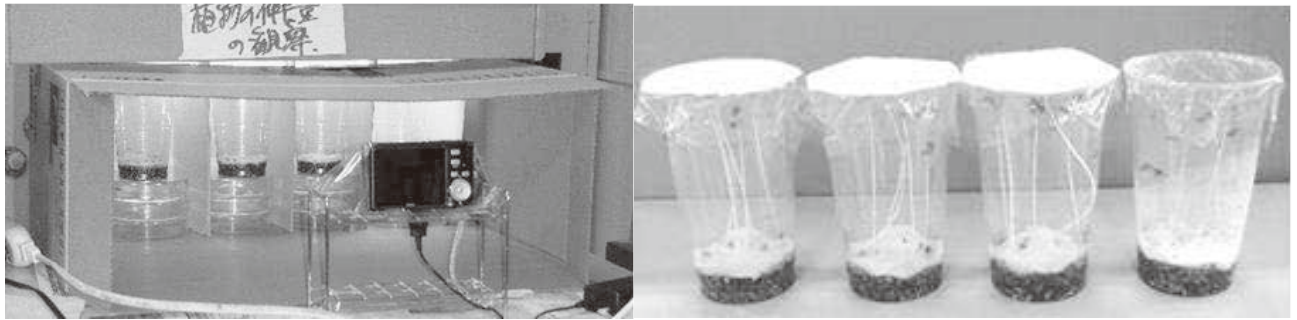


写真 実験 1 の装置 低照度から高照度 4 段階の照度下での成長量を観察した装置

実験 2 「地中での芽の成長の観察」の場合

・薄型のアクリル水槽に水を含ませた粒状ポリマーを深さ 40mm 程度入れる。その上に発芽したエンドウの種子を 4 粒載せる。さらにポリマーを入れる。・中央の種子 2 粒の上にはスライドガラスを重ね合わせた障害物を置き、その上にポリマーを入れる。・水槽をダンボー箱に入れ、赤外線 PC カメラで、10 分毎にノートパソコン内に記録する。・記録画像を元に、ディスプレイ上の胚軸の形を写し取り、胚軸の形の変化と長さの変化を分析する。

実験の過程

記録期間

実験 2-1	障害物無し 2 個体、障害物有り 2 個体	2019 11/18～11/29
実験 2-2	障害物無し 2 個体、障害物有り 2 個体	2019 12/3～12/10
実験 2-3	障害物無し 2 個体、障害物有り 2 個体	2019 12/10～12/18



写真 実験 2 暗黒下でポリマーゲル内で発芽したエンドウの芽生えを撮影した装置



写真 実験 1 の各種照度下（左）と暗黒下（右）の計測

写真 実験 2 エンドウの伸長の記録

3 研究の成果

実験 1 「光量と徒長成長量の観察実験（スプラウト使用）」より

・暗い条件の方が、明るい条件よりも、胚軸の伸長開始が早い。・暗い条件の方が、明るい条件よりも、胚軸の伸長量大きい。・胚軸の伸長開始は、暗い条件（0～200 lux）では播種後 3～4 日後である。明るい（1700～2000 lux）とそれが 1 日遅れる。・胚軸の伸長量大きい期間は、暗い条件（0～200 lux）では播種後 4～6 日後である。明るい（1700～2000 lux）と 4～5 日後と、期間が短縮する。・暗い条件では、胚軸の伸長量は、7 日間で 90～110mm 伸びてその後ほぼ伸びない。

実験1の分析データ例（実験1－2い）

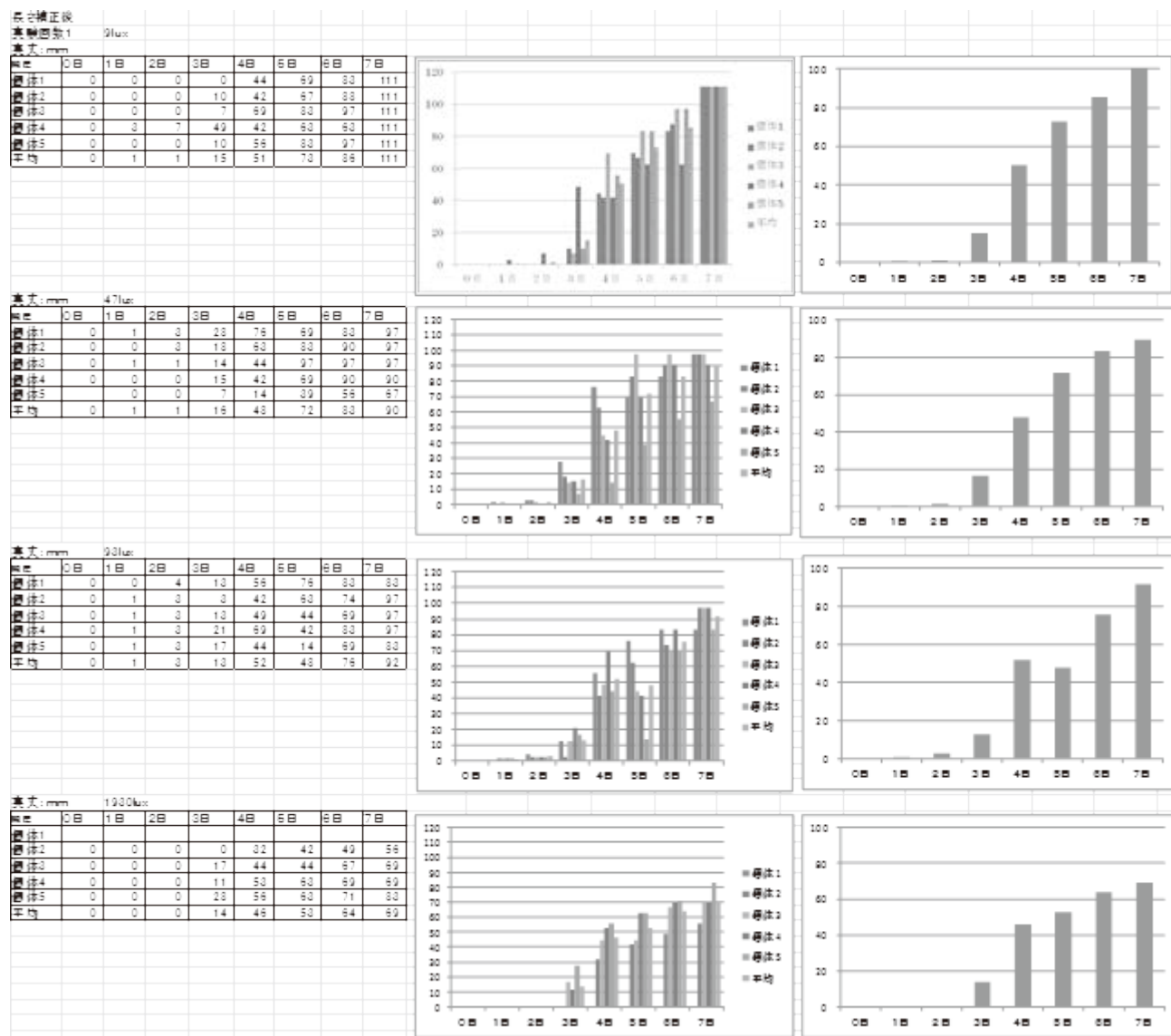


図 「実験1－2い」 5個体の芽生えの7日間の成長量とその平均のグラフ



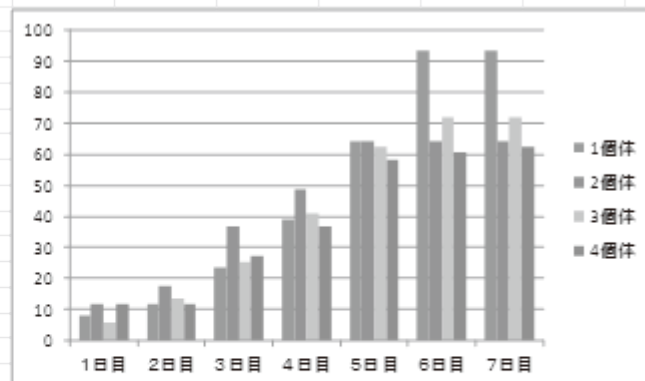
写真 自動記録された写真 実験開始後3日目、4日目、6日目

実験2「地中での芽の成長の観察（エンドウ利用）」より

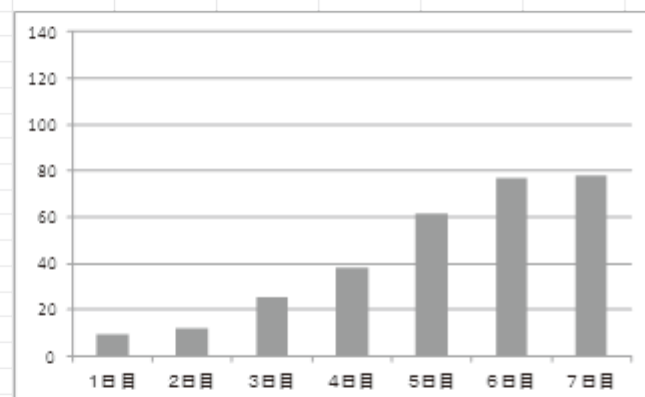
・障害物に接触するまでは、各個体とも同様に伸長する。・障害物ありは、障害物に接触すると、伸長速度が減少し、最終伸長量も少ない。・どの実験でも、播種後6日目になると、伸長が止まる。・伸長量は、障害物なし（実験2－1：62.4mm・実験2－2：122mm・実験2－3：67mm）、障害物あり（実験2－1：44.8mm・実験2－2：87mm・実験2－3：49mm）となり、障害物がある、どの実験でも2/3程度となる。

実験 2 の分析データ例（実験 2－3）

実験2－2 芽の成長 12月2日～ 実寸:mm							
	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
1個体	8	12	23	39	64	94	94
2個体	12	18	37	49	64	64	64
3個体	6	14	25	41	62	72	72
4個体	12	12	27	37	58	60	62
平均	9.3	13.6	28.3	41.4	62.4	72.6	73.1



実験2－2 芽の成長 12月2日～ 実寸:mm							
1・4個体に注目 (障害物なし)							
	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
1個体	8	12	23	39	64	94	94
4個体	12	12	27	37	58	60	62
平均	10	12	25	38	61	77	78



実験2－2 芽の成長 12月2日～ 実寸:mm							
2・3個体に注目 (障害物あり)							
	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
2個体	12	18	37	49	64	64	64
3個体	6	14	25	41	62	72	72
平均	9	16	31	45	63	68	68

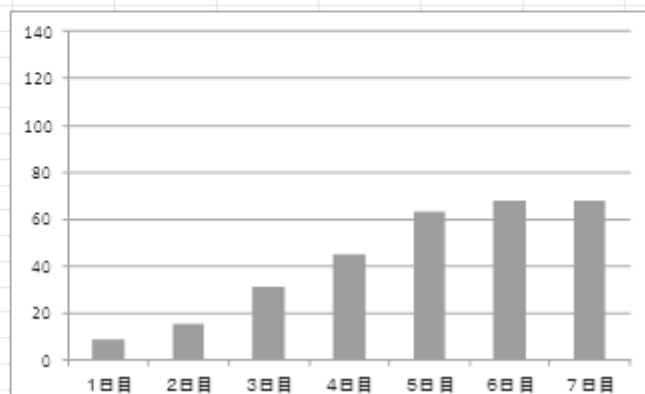


図 「実験 2－3」 4 個体の芽生えの 7 日間の成長量とその平均のグラフ



写真 自動記録された写真 実験開始後 1 日目、2 日目、4 日目

「実験 2－3」の分析からいえること：①発芽後 5 日までは、同様に伸張した。②障害物ありは発芽後 2 日目に障害物に接触した。③1 個体は 7 日間で 70mm 程度伸長した。④障害物なし平均は 7 日間で 67mm であるが、障害物あり平均は 49mm である。⑤障害物に接すると伸長量が少なくなる。

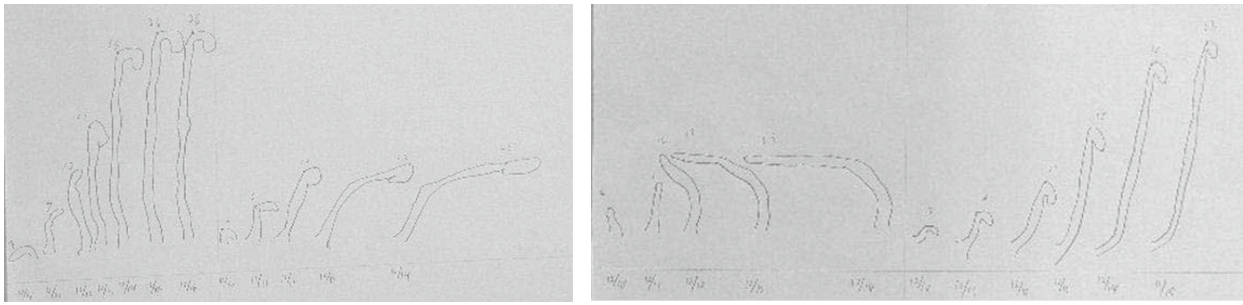


写真 「実験 2-3」 4 個体の芽生えの 7 日間の写真から胚軸の形をトレースした図

4 考察

実験 1 「光量と徒長成長量の観察実験（スプラウト使用）」

・「スプラウトの種子 1 粒が植物体になる潜在能力について」暗所での観察からは、7 日間で 90～110 mm 伸びることがわかった。また、2000 lux 程度の照度下では、伸長量が 60～70 mm で止まることから、光の働きで種子の養分が、胚軸を太く、強くすること、また、子葉の成長や緑化に利用されることが予想される。

・「暗所下での、胚軸の伸長量と照度の関係について」明るい条件になるにしたがって、おおよそ「伸長開始が遅れる」、「伸長量が増える」という傾向が見られる。

・「仮説の予想と異なる結果となった理由について」実験を繰り返すうちに寒い時期となり実験温度が下がった影響も考えられる。特に暗い条件は光を紙で遮蔽するために、ライトから届く光が減少するとともに熱放射も減少した可能性が考えられる。

実験 2 「地中の中での芽の成長の観察（エンドウ利用）」の場合

・「スプラウトとエンドウの暗所下での伸長量の違いについて」今回の実験では、障害物ありで（実験 2-1：44.8mm・実験 2-2：87mm・実験 2-3：49mm）という長さである。障害物があると、ない場合に比べて 2/3 しか伸長しない。胚軸の障害物回避には多大な負荷がかかると思われる。一方、スプラウトの胚軸の伸長量は、完全暗黒で 100mm 程度あったが、これは何も障害物のない条件下の数値なので、単純に比較できないが、実験 2 の処理内容を、スプラウトについても観察してみたい。

・「土の中での胚軸の伸長について」ポリマー粒子の中を伸長する胚軸は、その先端の子葉を根元の方向に折り曲げて（先端が U 字型に曲がった状態）伸長していく。そして、ポリマー粒子の上面を抜けたところから、子葉の先端を進行方向に向ける。土の中で、子葉を損傷しないように伸長していくくみと思われ、興味深い。

5 感想

今回の実験では、結果が思っていたように出ないことも多々あった。しかし研究を行っていた仲間や先生となぜそのようになるのか原因を考え、次にどのようにすればよいかの対策を考え実験を深め、研究結果を出すことができた。実験後の考察で、全ての条件が同じではなかったのも、次の実験では、蛍光灯の光量の他に、熱放射量と気温を一定にした条件で行えるようにしたいと思った。地中での芽の成長については、障害物をよけていくと考えたが実際には障害物にぶつかり成長が抑制され、最後は成長が止まった。自然界の植物は土から芽を出すのは大変だと思った。

6 今後の計画

実験 1 では、温度変化と照明による熱放射を制御できる実験装置を工夫する。実験 2 では、スプラウトとエンドウの両方の芽生えについて、A: 「気中での、照度の違いによる胚軸の伸長量を調べる」、また、B: 「スプラウトとエンドウの芽生えについて、給水ポリマー中での成長、そして障害物の存在下での伸長の過程を比較する」このような実験を進めたい。